

Sistema de gestão de processos aplicado ao gerenciamento de produção utilizando curva ABC e metodologia de programação linear visando a maximização dos resultados

**MARIQUITO, João Vitor Machado*; SILVA, Lethícia de Almeida Garcia;
ARAÚJO, Rafael Mendes; PORFIRIO, Vitor Hugo Martins; ABREU, Sanderson Rocha**

Departamento de Engenharia de Produção, Faculdades Integradas de Cataguases;

* Autor de correspondência. E-mail: vitor.mariquito@hotmail.com

RESUMO

Diante de um cenário onde as obrigações tornam-se cada vez maiores e o tempo cada vez mais curto, as filas tem se tornado cada dia mais um empecilho em nossas vidas, tendo em vista essas adversidades, torna-se importante uma reestruturação nas filas de maneira a reduzir o tempo de espera. O presente artigo se caracteriza em analisar o processo de aferição dos equipamentos de medição de uma concessionária de energia elétrica e propor uma melhor aplicabilidade para atender a demanda de maneira mais eficiente, empregando algumas ferramentas de gestão, como teoria de filas, curva ABC, programação linear e solver, de maneira simultânea, trazendo como justificativa o fato de que há uma diversidade nas especificações dos medidores, bem como no valor de mercado dos mesmos, tornando-se necessário criar uma metodologia que melhor atende as necessidades e expectativas. Foi considerado como caráter de priorização o valor econômico devido o delay existente entre a entrada no estoque e a tratativa no processo de recuperação/aferição. Por meio das metodologias apresentadas, foi possível atingir uma melhor configuração, obedecendo as restrições quanto a infraestrutura de maquinário e pessoal disponível.

Palavras-chave: Teoria de filas; Curva ABC; Solver; Medidores de energia.

Process management system applied to production management using ABC curve and linear programming methodology aiming at maximizing results

ABSTRACT

Faced with a scenario where obligations are becoming larger and time shorter, queues have become more and more a drag on our lives, in view of these adversities, it becomes important to restructure the queues in a way that reduces waiting time. The present article is characterized in analyzing the measurement process of the measuring equipment of a power company and propose a better applicability to meet the demand more efficiently, employing some management tools such as queuing theory, ABC curve, linear programming and solver, simultaneously, bringing as a justification the fact that there is a diversity in the specifications of the meters, as well as their market value, making it necessary to create a methodology that best meets the needs and expectations. It was considered as a prioritization character the economic value due to the delay between the entry into the stock and treatment of the process of recovery/verification. Through the methodologies presented, it was possible to achieve a better configuration, obeying to restrictions on the infrastructure of machinery and personnel available.

Keywords: Queuing theory; ABC curve; Solver; Power meters.

1 Introdução

Atualmente, com a vida cada vez mais corrida, as filas se tornam um grande problema na vida das pessoas, e sem dúvida grande parte das pessoas já tiveram o incômodo de enfrentar grandes filas de estabelecimentos para se obter um determinado atendimento ou produto. Quando se trata de um processo de produção, não é diferente, as filas tornam o processo cada vez mais extenso, pois são responsáveis pelas contrariedades que impactam no prazo final da fabricação de um produto ou serviço.

No processo de aferição dos equipamentos, quanto maior a fila, maior será a demora no processo, possibilitando um gasto ainda maior devido ao tempo de espera, pois, ao realizar a substituição, devida indisponibilidade de medidores prontos para a reutilização, é necessário instalar um novo. Por meio destas contrariedades, foi verificada a importância de se realizar um estudo voltado para a análise deste processo visando a otimização do mesmo, proporcionando maior agilidade no processo, assim reduzindo o tempo de espera.

O presente artigo objetiva-se em sugerir uma melhor aplicabilidade, de maneira a obter um ganho no desempenho do processo de aferição dos medidores de energia elétrica de uma concessionária de energia elétrica, reduzindo as filas existentes neste processo, utilizando as ferramentas de gestão de teoria de filas, curva ABC, programação linear e solver. Tendo em vista a melhoria que se pretende alcançar, é possível atender uma maior demanda de maneira mais organizada e conseqüentemente com o tempo de espera reduzido, agregando qualidade no processo e aumentando a rentabilidade.

O processo de aferição dos medidores (monofásicos, bifásicos ou trifásicos), consiste em realizar a verificação dos mesmos quanto a possibilidade de sua reutilização ou não, de maneira a atender as exigências do INMETRO, quanto as verificações físicas e metrológicas.

Tendo em vista o custo operacional da aferição e a diferenciação do valor de mercado dos medidores e no tempo de processo, devido as suas diferenças construtivas e funcionais, o presente artigo justifica-se ao apresentar a proposta de otimização do processo de aferição, tanto no tempo de processo quanto na apresentação de uma melhor aplicação na realização da aferição de maneira a reestruturar o estoque de equipamentos que aguardam a aferição.

2 Materiais e Métodos

No desenvolvimento desta pesquisa científica foi empregada uma revisão bibliográfica sobre a teoria de filas, curva ABC, programação linear e solver, tendo como assistência na pesquisa livros, sites e artigos científicos. Simultaneamente com as pesquisas bibliográficas foi

realizado um estudo de caso em uma determinada concessionária de energia elétrica, com objetivo de sugerir uma melhor aplicabilidade para o processo de aferição dos medidores de energia elétrica.

Boccatto (2006) afirma que a pesquisa bibliográfica tem por objetivo solucionar um problema por meio de estudos de referenciais teóricos publicados. Tal método de pesquisa traz elementos de estudo que correspondem ao assunto desenvolvido, verificando quais as concepções o assunto foi discutido na literatura científica. Para tal, é de suma importância que o pesquisador venha a planejar o processo de estudo, sendo este desde a definição do que será pesquisado, a forma que o assunto será abordado, a sistematização lógica do trabalho até a determinação de como será apresentado.

Para avaliar a melhor forma de produção sobre os dados obtidos, estes foram inseridos em uma tabela do MS Excel 2013. Fez-se uso do complemento Solver para a proposição da melhor aplicação, baseando-se nos tempos necessários para o setup de máquina e as verificações físicas e metrológicas necessárias, com objetivo de maximizar o valor financeiro final de material recuperado.

O solver é um suplemento da ferramenta MS Excel usado para testes hipotéticos. Este suplemento é utilizado para encontrar como resultado um valor ideal para a fórmula localizada em uma determinada célula, seja ele máximo ou mínimo, considerando restrições inseridas (MICROSOFT, 2017).

Para a construção do fluxo do processo apresentado, foi utilizado o software de modelagem de processos ARIS Express 2.4d, em sua versão *free*. É uma ferramenta perfeita para usuários que necessitam criar modelagens rápidas para processos de produção, de processos ou estruturas organizacionais.

3 Referencial Teórico

3.1 Teoria das Filas

Segundo Hillier e Lieberman (2010), a formação de filas ocorre devido a demanda por determinado serviço, tornar-se maior que a oferta de atendimento deste por certo período. Em nosso cotidiano, nos deparamos com essa eventualidade em diversos lugares, desde lojas, mercado, restaurantes, até agências bancárias.

De acordo com Marins (2011) quando a fila está relacionada a uma atividade comercial, essa situação faz com que os clientes fiquem insatisfeitos resultando em uma perda nos negócios. O tempo de espera conceitua a qualidade do serviço prestado por uma empresa, podendo ser considerável na decisão do consumidor. Ao tratarmos de um processo de

fabricação de um determinado produto, podemos dizer que mesmo indiretamente as filas podem afetar o consumidor, tanto interno quanto externo. Por muitas das vezes em uma linha de produção a fila entre dois processos são responsáveis pelo contratempo, ocasionando assim um atraso no ciclo, ocasionando um maior custo de produção que reflete no custo final do produto acabado, bem como no atraso do cumprimento dos prazos acordados com os clientes.

Segundo Taha (2008) a teoria das filas trata-se de uma ferramenta, que por meio de medidas de desempenho (tempo de espera, taxa de chegada, tempo ocioso, entre outras), objetiva-se em apresentar melhorias e oferecer aos clientes um serviço satisfatório. Dessa forma, na Teoria de Filas, se faz necessário realizar um estudo a respeito das particularidades do processo, reduzindo os problemas causados aos clientes. Bem como há a permanência de clientes e a prestação de serviço com qualidade (SABBADINI *et al.*, 2006).

3.2 Curva ABC

Segundo Alvarenga e Novaes (2000) a maior parte das empresas que lidam com grande número de produtos e processos, apresentam um controle entre valor e quantidade, portanto, é comum a utilização da classificação ABC no controle de estoque. Com base no conceito, não se pode simplesmente repor um item de valor elevado com o mesmo critério de um item de menor valor. Se isso ocorresse, iria minimizar os lucros, no caso de proceder com o mesmo conceito em ambos os itens, o resultado se tornará catastrófico, como se tudo tivesse a importância de itens com valores baixos. Através da aplicação da curva ABC possibilita a escolha dos procedimentos mais adequados para cada classe. Não é recomendado fazer uso indiscriminado dessa regra, pois cada caso é único, torna-se mais correto e conveniente à definição dos pontos de corte entre as categorias através de levantamento de dados reais.

Segundo Turci (2016), para administrar uma empresa é exigido um grande controle na execução do fluxo de caixa, sendo isso capaz de diferenciar um grande empreendedor de um simples aventureiro. O intuito de se ter esse controle é receber no menor tempo possível de seu cliente ou até receber antecipado, e obter o menor capital possível em estoque.

Ainda segundo o mesmo autor, tratando-se de gestão de estoque, a alta volumetria de produtos em estoque acarretar em dinheiro parado, que poderia estar investido, aplicações em uma instituição financeira, assim como a baixa volumetria de produtos em estoque pode acarretar na perda de vendas ou até mesmo do cliente, abrindo espaço para uma concorrência no mercado. Para evitar isso, pode-se usar a metodologia da curva ABC para gerenciar o estoque de matéria prima e/ou de produtos acabados. Trata-se de um método para separar e

classificar os materiais mais importantes e de maior impacto, que na maior parte são em menor número.

São classificados em 3 classes:

- a) Classe A: com maior importância, quantidade ou valor, correspondendo até 20% do total.
- b) Classe B: Com importância, valor e quantidade intermediário, correspondendo até 30% do total.
- c) Classe C: Com menor importância, quantidade ou valor, correspondendo em até 50% do total.

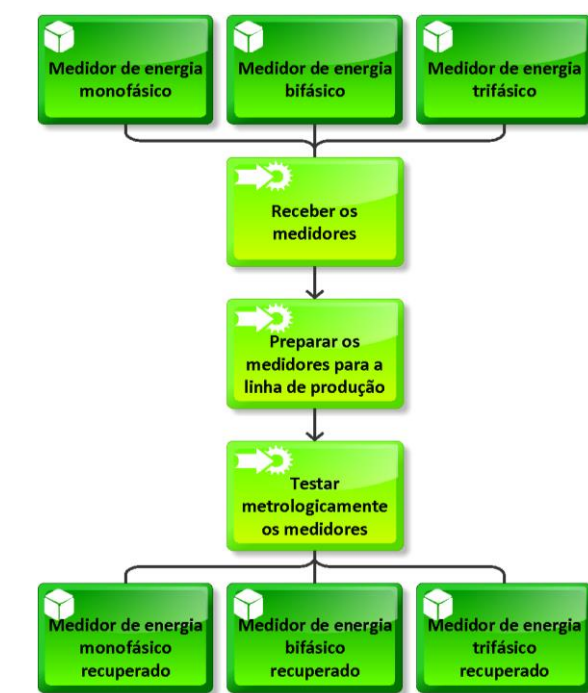
Esses dados podem sofrer alterações, pois são apenas parâmetros para simplificar a demonstração da Curva ABC.

4 Estudo de caso

4.1 Processo de Reutilização de Medidores de energia Elétrica

O processo de reutilização de medidores de energia elétrica consiste em receber os equipamentos já utilizados anteriormente e executar as verificações físicas e metrológicas constantes no Anexo C da Portaria INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) nº 587, de 05 de novembro de 2012. A Figura 1 demonstra, de maneira sucinta, o fluxo desta atividade.

Figura 1 – Fluxograma do Processo



Fonte: Os Autores.

Os medidores de energia elétrica (monofásicos, bifásicos e trifásicos) são o input e output do processo, pois eles passarão pelas verificações física e metrológica previstas e, se comprovado sua integridade física e funcional, são declarados aptos à serem reutilizados.

Devido às suas diferenças construtivas e funcionais, cada equipamento medidor tem diferença no valor de mercado, no valor de estoque, no tempo de ensaio/recuperação, no tempo de setup de máquina, entre outros.

Foi utilizado neste trabalho científico a metodologia de curva ABC, já explicada anteriormente, e a metodologia de maximização de processos, aplicada através da utilização do suplemento SOLVER, presente no software Excel.

No último triênio, considerando de 2015 à 2017, foram movimentados na referida concessionária de energia elétrica um total de 34.751 medidores, posteriormente inseridos no processo de recuperação. A Tabela 1 esboça esses números, considerando o valor médio da última cotação de compra, sendo possível assim avaliar qual o valor econômico esse material representa, caso fosse necessária a compra deste insumo no mercado.

Tabela 1 – Volumetria no Triênio.

Ano de Referência	TIPOLOGIA			Total Geral
	Bifásico	Monofásico	Trifásico	
2015	2.073	8.373	1.674	12.120
2016	2.151	8.258	1.571	11.980
2017	1.697	7.420	1.534	10.651
Total Geral	5.921	24.051	4.779	34.751
Valor Médio do Material	R\$ 126,99	R\$ 56,61	R\$ 361,11	
Valor Médio do Estoque	R\$ 751.907,79	R\$ 1.361.527,11	R\$ 1.725.736,73	R\$ 3.839.171,63

Fonte: Os Autores.

Para este trabalho, optou-se pela análise de economia financeira considerando que se estes itens não fossem recuperados, deveriam ser buscados no mercado, pois realizar a análise pelo valor do estoque, tornaria a análise complexa, visto que para a obtenção desse valor íntegro, é necessário a análise do valor na época da compra de cada unidade, e aplicar as variáveis de depreciação.

4.2 Programação Linear

Segundo Rodrigues (2014) *et al.*, a programação linear é uma técnica que utiliza as características do problema, buscando a solução ótima, e consiste na representação das características de um problema em forma de um conjunto de equações lineares, de nível básico. A maioria das utilizações da programação linear tem o objetivo de minimizar despesas e custos ou maximizar faturamentos e lucros, sendo esses os maiores objetivos das organizações.

Ainda segundo os mesmos autores, quando se trata de programação linear, um dos problemas está relacionado com escolhas que devemos fazer e suas combinações, tornando difícil a sua solução ao utilizarmos apenas nosso raciocínio. Não havendo diferentes escolhas possíveis, pode-se concluir que não se trata de um problema de programação linear.

4.3 Aplicação da gestão de filas no processo

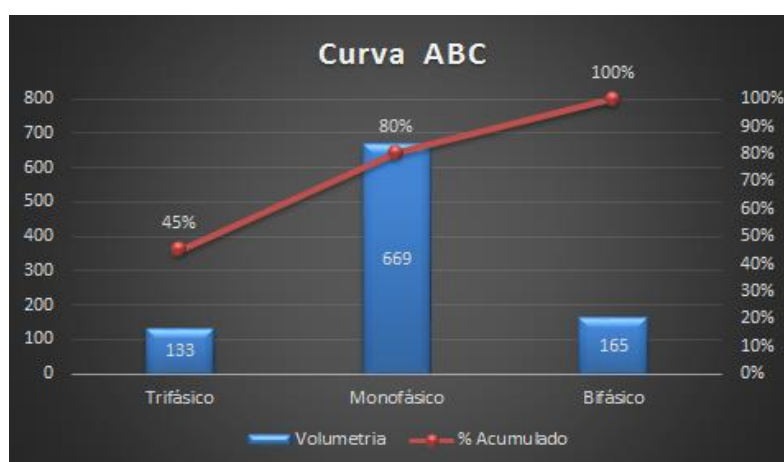
Através da Tabela de volumetria do último triênio apresentada, foi possível mensurar a volumetria média recebida por esta empresa em 01 mês, conforme expressado na Tabela 2, e traçar a curva ABC do estoque, conforme Figura 2.

Tabela 2 – Volumetria Média

Ano de Referência	Tipo de Medidor			Total Geral
	Bifásico	Monofásico	Trifásico	
Volumetria	165	669	133	967
Valor Médio do Material	R\$ 126,99	R\$ 56,61	R\$ 361,11	-
Valor Médio do Estoque	R\$ 20.953,35	R\$ 37.872,09	R\$ 48.027,41	R\$ 106.852,85
Volumetria	165	669	133	967

Fonte: Os Autores.

Figura 2 – Curva ABC da volumetria média



Fonte: Os Autores.

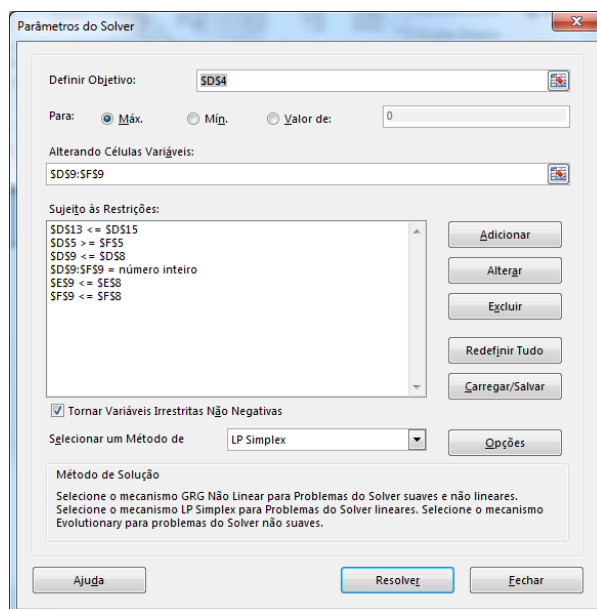
Essa curva nos mostra que, conforme metodologia, a menor parcela do estoque considerado (133 peças) representa 45% do valor do estoque, e que a maior quantidade do estoque (669 peças) representa 35% do valor do estoque.

5 Resultados e Discussões

Considerando os valores de estoque citados anteriormente, na aplicação da metodologia da curva ABC, visando obter a melhor configuração de produção possível e a obtenção do maior

lucro, as variáveis consideradas serviram de input no Solver Excel. A Figura 3 demonstra como foi configurada a aplicação.

Figura 3 – Variáveis da aplicação do SOLVER



Fonte: Os Autores.

O campo "Definir objetivo" determina a célula cujo valor deseja-se maximizar. O campo "alterar células variáveis" determina o conjunto de células que serão alteradas durante a modelagem, visando obter a maximização. O campo "sujeito às restrições" determina as restrições que a modelagem deve considerar.

No projeto apresentado, conforme mostrado na Figura 4, o objetivo é maximizar o resultado da célula "D4", alterando os valores da sequência de células "D9:F9", considerando as restrições apontadas.

Figura 4 – Configuração da função objetivo

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4				Val	=(D9*D10)+(E9*E10)+(F9*F10)			
5				Produção Máxima	900	>=	900	Medidores
6								
7				Medidores	Monofásicos	Bifásicos	Trifásicos	
8				Quantidade	669	165	133	
9				Qtd Recuperada	635	165	100	
10				Valor do Material	R\$ 56,61	R\$ 126,99	R\$ 361,11	
11				Tempo de Processo	5,00	5,00	8,00	
12				Tempo Total	3175	825	800	
13				Tempo Total Demandado		4800		
14				Dias disponíveis		10		
15				Minutos Disponíveis		4800		
16								
17								

Fonte: Os Autores.

A metodologia consiste que na célula "D4" seja apresentado o maior valor, considerando a multiplicação das células D9; E9 e F9 pelas células, D10; E10 e F10, respectivamente, e que esse valor seja o mais alto possível, considerando as restrições:

- a) Célula "D13" tenha seu valor menor ou igual ao valor da célula "D15";
- b) Célula "D5" tenha seu valor maior ou igual ao valor da célula "F5";
- c) Célula "D9" tenha seu valor menor ou igual ao valor da célula "D8";
- d) Célula "E9" tenha seu valor menor ou igual ao valor da célula "E8";
- e) Célula "F9" tenha seu valor menor ou igual ao valor da célula "F8";
- f) Que a sequência de células "D9:F9" apresente apenas números inteiros.

O resultado obtido foi a configuração abaixo, capaz de produzir nos 4.800 minutos disponíveis a "produção" máxima de 900 medidores, e obtendo o lucro maximizado de R\$ 93.011,53. Foi possível, dentro das inúmeras hipóteses, produzir o máximo de medidores no tempo determinado, obtendo o maior lucro possível.

Foi considerado para o planejamento da produção que seria utilizado o valor econômico como caráter de priorização, ou seja, os itens com maior valor de mercado deverão ser priorizados na fila da recuperação. É utilizado este parâmetro visto que a proposta é o tratamento dos equipamentos recebidos no mês anterior, ou seja, com *delay* entre a entrada no estoque e a tratativa no processo de recuperação/aferição.

6 Considerações Finais

Foi possível perceber que, com uma melhor gestão do processo, é possível atingir um melhor resultado, ou seja, maximizando os lucros com as ferramentas à disposição. Na recuperação dos medidores, quanto maior a fila ou a demora na recuperação, resultará em um maior custo pois será necessário instalar um equipamento novo, o que mostra a importância de se realizar um estudo voltado para a análise deste processo, otimizando-o.

Através da utilização das ferramentas de gestão, foi possível alcançar uma melhoria no processo, maximizando os resultados e proporcionando uma otimização no processo de aferição dos equipamentos, obteve-se melhor fluxo do processo, considerando como prioridade os itens de maior valor de mercado, e como resultado da melhoria obteve-se um controle mais eficaz no processo de aferição e estoque da empresa.

O artigo apresentado sugeriu uma melhor gestão da atividade, de modo a maximizar o desempenho do processo de aferição, reduzindo os gargalos existentes no processo através da utilização de ferramentas de gestão para atender uma maior demanda de forma mais organizada e em tempo reduzido.

Referências bibliográficas

ALVARENGA, C. A.; NOVAES, N. G. A. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

ARES Express. Disponível em: <http://www.ariscommunity.com/aris-express>

BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

MARINS, F.A.S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

Microsoft Excel. Disponível em: <https://support.office.com/pt-br/article/Definir-e-resolver-um-problema-usando-o-Solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>. Acesso em 03/06/2017.

Portaria Inmetro nº 587, de 05 de novembro de 2012. Acesso em 17/03/2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001929.pdf>

RODRIGUES, L. H.; AHLERT, F.; LACERDA, D. P.; CAMARGO, L. F. R.; LIMA, P. N. **Pesquisa Operacional - Programação Linear passo a passo: do entendimento do problema à interpretação da solução**. Disponível em: <http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/000045/000045c5.pdf>. Acesso em: 17/03/2018

SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F.; **Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais**. Em: III SEGET - Simpósio de Excelência em Gestão E Tecnologia. 2006

TAHA, HAMDY A.; **Pesquisa Operacional**. 8.ed. São Paulo: Pearson, 2008

TURCI, D. **Como utilizar a curva ABC para gestão de estoque**. ENDEAVOR, 05 de maio de 2016. Disponível em: <https://endeavor.org.br/curva-abc-gestao-estoque/>. Acesso em 17/03/2018.